



Un système multi-agent normatif pour la collaboration et l'interaction mixte

Lauren Thévin, Fabien Badeig, Julie Dugdale, Olivier Boissier, Catherine
Garbay

► To cite this version:

Lauren Thévin, Fabien Badeig, Julie Dugdale, Olivier Boissier, Catherine Garbay. Un système multi-agent normatif pour la collaboration et l'interaction mixte. 18èmes Journées Francophones des Systèmes Multi-Agents (JFSMA), Oct 2014, Lorient-sur-Drôme, France. pp.1-10. hal-01070992

HAL Id: hal-01070992

<https://inria.hal.science/hal-01070992>

Submitted on 2 Oct 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un système multi-agent normatif pour la collaboration et l'interaction mixte

L. Thévin^a
Lauren.Thevin@imag.fr

F. Badeig^b
Fabien.Badeig@imag.fr

J. Dugdale^a
Julie.Dugdale@imag.fr

O. Boissier^b
Olivier.Boissier@emse.fr

C. Garbay^a
Catherine.Garbay@imag.fr

^aLIG CNRS
Université de Grenoble, France

^bInstitut Henri Fayol/ISCOD,
ENS Mines de Saint-Etienne, France

Résumé

Dans ce papier, nous nous intéressons à la conception de systèmes de soutien au travail collaboratif dans des situations où des acteurs distants, appartenant à des organisations différentes et interagissant via un ensemble de tables tangibles distribuées, doivent se coordonner et coopérer entre eux. Afin de prendre en compte ces particularités, nous proposons une conception à base d'agents normatifs et d'artefacts médiant l'interaction entre les acteurs humains et les agents. La collaboration humaine est ici observée et évaluée sous l'angle de sa conformité à des normes organisationnelles. Le rôle du système multi-agent est dès lors d'émuler ces systèmes de normes, d'analyser l'activité humaine dans le référentiel qu'elles constituent, et de produire des feedbacks favorisant la conscience mutuelle de ces contraintes. La conception s'appuie sur l'approche de programmation orientée multi-agent JaCaMo. Nous illustrons l'approche proposée par une application à la préparation à la gestion de crises naturelles pour les services municipaux.

Mots-clés : Travail collaboratif, systèmes d'interaction mixtes, système multi-agent normatif, organisations, gestion de crises

Abstract

In this paper, we cope with the design of collaborative support systems in situations where distant actors, belonging to different organizations and interacting over distributed tangible surfaces, have to coordinate and cooperate. To consider these specificities, we

propose a design based on normative agents

and software artifacts mediating human-human and human-agent interaction. In this design, human collaboration is observed and evaluated under the scope of its relevance to organizational norms. The role of the multi-agent system is then to emulate these systems of norms, to analyze human activity in reference to these rules, and to produce feedbacks supporting mutual awareness. The design draws on the JaCaMo multi-agent programming approach. We illustrate the proposed design by its application to the training of municipal services in the field of natural crisis management.

Keywords: Groupware, hybrid interaction systems, normative multi-agent system, organization, crisis management

1 Introduction

Nous proposons dans cet article une nouvelle approche pour la conception de systèmes interactifs de soutien au travail collaboratif. Nous proposons dans ce travail préliminaire une conception intégrant de manière unifiée les besoins du travail collaboratif (conscience de groupe) et les enjeux de l'interaction tangible (action située, opportuniste). Celle-ci s'appuie sur la modélisation des normes qui régissent la collaboration humaine et sa médiation par le support tangible. Il s'agit d'émuler ces systèmes de normes, de rendre compte de l'activité humaine dans leur contexte, et de produire des feedbacks (retours visuels informés) favorisant la conscience mutuelle des contraintes issues des systèmes de normes.

Dans ce papier, nous présentons la première étape de notre démarche, consistant en la mise en place d'un système multi-agent normatif

comme support à cette plateforme d'interaction. Selon la vision du trèfle du collectif, nous distinguons les espaces de production, de communication et de coordination. La modélisation proposée s'appuie sur l'approche de programmation JaCaMo. Nous illustrons l'approche proposée par une application à la préparation à la gestion de crises naturelles pour les services municipaux.

2 Etat de l'art

Nous abordons dans cet état de l'art les différentes dimensions du travail : soutien au travail collaboratif, soutien à la conscience partagée et à l'action située, apport des conceptions à base d'agents et des systèmes normatifs pour la prise en compte des contraintes organisationnelles, et pour le couplage entre mondes physiques et numériques.

2.1 Travail collaboratif

L'une des tendances majeures pour la conception de systèmes de soutien au travail collaboratif est celle du trèfle du collectif [10]. Selon ce modèle, les fonctionnalités et services du logiciel sont séparés en 3 composantes de production, communication et coordination (P, C, C). L'espace de *production* fait référence aux tâches individuelles et collectives impliquées dans le travail collaboratif considéré. L'espace de *coordination* fait référence à l'agencement de ces tâches, à la gestion de l'organisation humaine et des rôles attribués aux acteurs. L'espace de *communication* fait référence aux ressources et protocoles supportant l'échange d'informations entre acteurs.

A ce modèle de conception des collecticiels, qui régissent les communications H-H (Humain-Humain) médiées par la machine, doit être couplé le modèle de conception des interfaces, qui régissent les interactions H-M (Humain-Machine). Plusieurs modèles ont été proposés, qui convergent vers une distinction entre 3 facettes de Présentation, Abstraction et Contrôle (modèle PAC, [4]). Le postulat est de distinguer entre la représentation abstraite d'un objet et sa présentation concrète, via une interface, et de garantir la cohérence entre ces 2 vues, au fil des évolutions des processus d'abstraction ou des contraintes de présentation. L'indépendance entre ces 3 facettes est un élément clé de ce mode de conception.

Trouver une façon de coupler ces 2 modes d'organisation est l'objet de nombreuses recherches [5]. Plusieurs auteurs proposent une distribution des dimensions de production, communication et coordination sur les 3 facettes de présentation, abstraction et contrôle [10]. Selon [5], ceci pose le problème de concevoir l'abstraction indépendamment des aspects collaboratifs. [5] pose en outre le problème de la conception d'environnements virtuels collaboratifs capables de suivre différents modes de distribution / synchronisation. Il propose une approche préservant la séparation entre les fonctions d'interaction et de collaboration et propose des solutions explicites pour assumer les différents modes de synchronisation. Une grande souplesse de basculement entre ces modes est permise, ce qui revient à changer la politique de distribution opérée par la facette Contrôle, sans impacter les facettes Présentation ou Abstraction. Dans ce cas, la facette Contrôle est en charge du maintien de cohérence entre Abstractions et Présentations, et entre tous les contrôles distribués de l'objet partagé.

Selon une perspective proche, dans le système multi-agent que nous proposons, et en nous appuyant sur l'approche de programmation JaCaMo [1], nous opérerons une distinction entre les 3 dimensions PCC, d'une part au niveau abstrait des agents et d'autre part au niveau concret des artefacts et des normes au sein de l'organisation.

2.2 Cognition distribuée et conscience partagée

La notion de « conscience partagée » ou « conscience de groupe » est un autre facteur important à prendre en compte dans la conception des collecticiels. Ceci implique le partage d'informations sur l'état du travail ou sur les actions des autres utilisateurs. Ce partage d'information, lorsqu'il est explicite, prend la forme d'une interaction conversationnelle, et peut impliquer l'échange de documents. Pour les tenants de la théorie de la cognition distribuée [13], il convient de penser le travail collaboratif comme engagé par un collectif associant des acteurs (humains et artificiels) et un environnement physique. Il s'agit de reconnaître le rôle déterminant des objets présents dans l'environnement, ces ressources jouant un rôle cognitif dans la coordination entre acteurs, permettant

la reconnaissance d'intentions et l'actualisation d'un contexte partagé de travail. Selon [17], les représentations externes constituent en effet une partie indispensable du système de représentation de toute tâche cognitive distribuée, en constituant des aides à la mémorisation, en fournissant une information qui peut être directement perçue et utilisée sans être interprétée et formulée explicitement, et en structurant le comportement cognitif.

Les dispositifs d'interaction tangible, objet de ce papier, jouent un rôle particulier à cet égard : ces objets concrets, porteurs d'affordances, permettent de privilégier des modes de travail informels et opportunistes [7], la communication s'incarnant dans les objets de l'espace de travail [17].

Dans le contexte du travail collaboratif, la cognition est également socialement distribuée [15] : différentes façons de poser les problèmes, de les approcher, de les résoudre, sont en jeu, en raison de différences culturelles mais aussi organisationnelles. Dans cette perspective, nous faisons l'hypothèse qu'une activité de collaboration constructive implique non seulement la perception des activités d'autrui mais aussi l'appropriation de ses normes de décision et de comportement [2]. Dans le dispositif d'interaction que nous proposons, les ressources environnementales seront constituées d'objets concrets (les objets tangibles) et d'objets virtuels, miroir des actions entreprises et transcription virtuelle de leur conformité à tel ou tel système de normes.

2.3 Apport des conceptions à base d'agents

Pour [8], les enjeux pour la conception d'environnements d'e-collaboration sont d'avoir un focus organisationnel fort. Il s'agit de permettre l'application des règles et procédures garantissant la conformité des actions aux besoins individuels et organisationnels. Dans cette optique, [10] propose le formalisme RIO (Rôles, Interaction, Organisation) qui permet de tenir compte des rôles joués par les acteurs au sein des organisations et des compétences mises en jeu par chacun d'eux dans la gestion des connaissances. Dans ce système, la connaissance utilisée et construite par les agents est validée par des agents référents. La communication s'effectue via des traces de

connaissances intégrant les éléments qui ont été validés. Plusieurs référents permettent la prise en compte de points de vue multiples sur la connaissance.

[14] propose une architecture multi-agent normative pour la conception de systèmes de soutien au travail collaboratif. Il propose une distinction entre agent Local (ou partenaire individuel), agent de Supervision (qui évalue l'activité des agents locaux et fournit un feedback relatif à leur succès, dans la perspective d'une évolution des normes locales), agent d'Interaction (qui gère le référentiel des compétences des agents et maintient leurs relations) et agent de Coopération (qui supervise les organisations d'agents). Cette approche est fondée sur le modèle proposé par [6], selon lequel 5 types de normes sont distinguées, à différents niveaux sémiotiques : normes de perception régissant les focus courants, normes d'évaluation régissant les actions à mettre en œuvre, normes cognitives gérant les croyances, et normes déontiques gérant les intentions et les attentes.

Au delà de cette vision normative, et répondant à des besoins exprimés précédemment, de nombreux auteurs proposent des architectures multi-agent permettant le couplage entre mondes physiques et mondes numériques. Pour [3], l'enjeu est de concevoir des systèmes capables de s'adapter au caractère hautement dynamique et imprévisible de la collaboration humaine dans des environnements ouverts. Cet auteur propose une architecture combinant les avantages des approches à base d'agents (autonomie, proactivité pour la communication humain-machine) et à base de services (intégration et composition dynamique de services pour la communication machine à machine). Selon le modèle CLOVER, 3 classes de services et d'agents sont distinguées (production, communication et coordination). Les services sont ici considérés comme des ressources pour les agents. Ils sont composés selon les besoins des utilisateurs par des agents hybrides.

L'approche JaCaMo [1] aborde une perspective similaire mais selon une approche de conception intégrant programmation orientée agent, environnement et organisation. JaCaMo fournit un cadre unifié pour le développement de ces trois aspects grâce au

distinguo entre agents (entités de prise de décision), artefacts (ressources accessibles et partagées entre les agents) et organisation (exprimant l'architecture de gouvernance régulant le fonctionnement des différents agents autonomes). L'approche a récemment été mise en perspective d'applications mettant en jeu des actions sur des objets concrets de l'environnement physique [12]. Selon cette vision, certains artefacts de l'environnement agissent comme miroir des objets du monde réel. Une forme de couplage entre monde réel et monde numérique est ainsi réalisée, toute action sur le monde réel pouvant être reflétée par un artefact et perçue par un agent, réciproquement toute action d'un agent pouvant affecter un artefact et se refléter dans le monde réel, étant ainsi perçue par les acteurs humains.

Dans la suite de ce papier, nous montrons comment nous reprenons cette vision en l'étendant à la conception d'un système de support à l'activité collaborative œuvrant en univers tangible.

3 Approche proposée

3.1 L'interaction mixte : modalités et définitions

Afin de supporter un environnement de travail ouvert et non contraignant, propice au développement du travail collaboratif, nous caractérisons les éléments clefs d'une interaction mixte s'appuyant sur le tangible dans le cadre d'un collectif.

L'interaction peut être vue comme un acte conversationnel, qui prend plusieurs formes selon le contenu de cet acte, et le couple (émetteur, destinataire). Le contenu lie le message à l'un des trois espaces cités précédemment, et est matérialisé par les suffixes -Prod, -Com et -Coord. Afin de situer le travail collectif au sein d'un ensemble de normes, nous ajoutons la possibilité d'annoter une action selon sa relation au référentiel normatif et matérialisons cette annotation par le suffixe -Note.

Le type d'émetteur-destinataire (cf. Fig.1), dont la variété est expliquée ici par l'essence d'un système hybride, est matérialisée par les préfixes Tangi-, Imagi- et Digi-.

Le préfixe Tangi- présente une interaction de l'humain vers le système (H-M); Imagi- désigne une interaction de l'humain vers

l'humain (H-H); Digi- englobe les interactions ayant pour émetteur le système. Des pattern d'interaction plus complexes peuvent être constitués par des superpositions simultanées ou par des combinaisons séquentielles de ces éléments. De tels pattern sont présents dans la Fig.1 : superposition entre *TangiProd* et *ImagiNote*, ou entre *ImagiProd* et *TangiNote*, permettant l'annotation virtuelle ou tangible d'une action humaine. Nous détaillons ci-dessous et en table 1 ces différents éléments d'interaction.

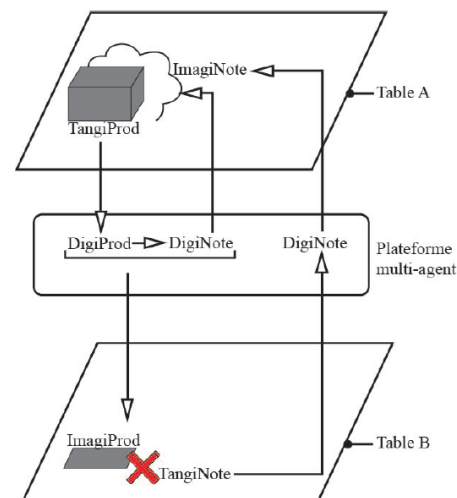


FIG. 1 – des modalités d'interaction tangibles (*TangiProd* et *TangiNote*), virtuelles (*ImagiProd* et *ImagiNote*) et numériques (*DigiProd* et *DigiNote*). Ces éléments s'organisent pour former des patterns d'interaction plus complexes, selon des règles de base exprimant en particulier le rôle de l'évaluation normative dans le jeu conversationnel.

Tangibles : Les éléments d'interaction *tangibles* sont des objets physiques manipulés par un humain sur la surface tangible. Leur spécificité réside dans le type d'actions qu'ils permettent dans le monde réel. Aussi ces éléments s'intègrent-ils toujours dans un des 3 espaces identifiés en section 2 :

- les *TangiProd* représentent les objets tangibles rattachés à l'espace de *production*. Cela comprend toutes les ressources du monde réel (matérielles ou humaines) représentées par des miniatures d'objets concrets (placement d'une voiture sur une route par exemple). Certains objets tangibles sont relatifs à des concepts plus abstraits, et sont donc l'équivalent d'une icône (désignation

d'une voiture sur une route par exemple).

- les *TangiCom* sont des objets tangibles rattachés à l'espace de *communication*. Il s'agit par exemple d'objets matérialisant la demande ou l'envoi de rapports d'informations. Ces objets sont toujours de type iconique.
- les *TangiCoord* sont des objets tangibles rattachés à l'espace de *coordination*. Ils permettent par exemple de signaler un changement dans les procédures de travail en vigueur. Ces objets sont également de type iconique.
- les *TangiNote* sont des objets tangibles ayant une fonction d'annotation, et rattachés à l'espace des *normes*. Ils permettent à un acteur humain d'annoter un objet ou une zone de l'espace de travail au sens de sa conformité aux normes en vigueur pour son organisation métier.

Digibles : De la même manière qu'un humain peut agir et enrichir le contexte conversationnel grâce aux objets tangibles, notamment de type iconique, la plateforme multi-agent peut, par le biais de l'autonomie de ses agents, enrichir le contexte de travail par des *digibles*. Tout comme les *tangibles*, les *digibles* peuvent appartenir à l'espace de *production*, de *communication* ou de *coordination*. Ils peuvent également exprimer une référence à l'espace des normes :

- les *DigiProd* sont des objets numériques rattachés à l'espace de *production*. Ils permettent aux agents d'enrichir la trace des actions humaines, par le calcul de caractéristiques issues de leur connaissance du monde.
- les *DigiCom* sont des objets numériques rattachés à l'espace de *communication*. Ils permettent aux agents de combler des besoins informationnels exprimés par des acteurs humains ou par des agents.
- les *DigiCoord* sont des objets numériques rattachés à l'espace de *coordination*. Ils permettent la représentation des formes d'organisation et des étapes de travail.
- les *DigiNotes* sont des objets numériques rattaché à l'espace des *normes*. Ils permettent l'annotation d'une action par un agent, raisonnant sur les normes identifiées et associées à ce contexte d'action.

Les *imagibles* se définissent comme l'affichage virtuel d'un objet non présent physiquement sur une interface tangible. Cela peut être l'image miroir d'un objet tangible distant, ou la symbolisation d'un *digible*. Cette image sera éventuellement signée avec l'identifiant de l'utilisateur initial de cet objet. L'espace auquel il appartient est le même que celui de l'objet qu'il représente :

- un *ImagiProd* est l'image virtuelle d'un *TangiProd* ou d'un *DigiProd*
- un *ImagiCom* est l'image virtuelle d'un *TangiCom* ou d'un *DigiCom*
- un *ImagiCoord* est l'image virtuelle d'un *TangiCoord* ou d'un *DigiCoord*
- un *ImagiNote* est l'image virtuelle d'un *TangiNote* ou d'un *DigiNote*

Comme nous l'avons annoncé, ces éléments peuvent se juxtaposer selon différents patrons (patterns) :

- plusieurs *tangibles* pour spécifier une action composée
- plusieurs *imagibles*, comme miroir d'une action composée (association d'*Imagi-Prod*), ou pour associer au miroir d'une action distante divers éléments d'information (*ImagiCom*, *ImagiCoord*, *ImagiNote*).
- combinaisons d'*imagible* et de *tangible*, pour effectuer par exemple une demande d'information associée à un *imagible*, ou qualifier un *ImagiProd* par un *TangiNote*.

Des combinaisons séquentielles peuvent également être effectuées, selon des séries temporelles types, intégrant *tangibles*, *imagibles* et *digibles*. Les séries ci-dessous, également illustrées dans la Fig.1, expriment deux patterns typiques d'interaction :

- toute action tangible est évaluée au sens de sa conformité aux normes en vigueur ; ceci donne lieu à un retour virtuel à l'émetteur ; toute action conforme au sens des normes doit être transmise à distance. Ce pattern se traduit de la manière suivante : un *tangible* (e.g. *TangiProd*) active un *digible* (e.g. *DigiProd*), puis un *DigiNote* qui affichera un *ImagiNote* en local, et un *imagible* (e.g. *ImagiProd*) sur les tables distantes en cas de conformité aux normes
- tout acteur humain a la possibilité d'annoter une action tangible effectuée par un acteur distant, afin d'exprimer par

exemple un désaccord sur sa conformité aux normes locales à son organisation. Ce pattern se traduit de la manière suivante : un *TangiNote* peut être placé sur un *imagible* (e.g. *ImagiProd*) miroir d'un *tangible* initial (e.g. *TangiProd*) ; ceci activera un *DigiNote* et se traduira par l'affichage d'une *ImagiNote* sur le *tangible* de départ.

	Production	Communication	Coordination
Tangible	TangiProd	TangiCom	TangiCoord
	TangiNote		
Imagible	ImagiProd	ImagiCom	ImagiCoord
	ImagiNote		
Digible	DigiProd	DigiCom	DigiCoord
	DigiNote		

TAB. 1 –Composants de l'interaction via la table tangible.

3.2 Une architecture à base d'agents et d'artefacts

Le processus d'interaction (cf. Fig.1) médié par la table *TangiSense* et couplant espaces de production, communication, coordination d'une part et d'autre part facettes d'interaction, est mis en œuvre par un système multi-agent normatif. Nous en présentons ici l'architecture, qui s'appuie sur la vision mise en œuvre au sein de la plateforme *JaCaMo*.

Suivant cette approche, le système multi-agent déployé sur l'intergiciel de la table tangible est constitué de 4 dimensions structurant les entités correspondant aux agents autonomes, à l'environnement, à l'organisation normative et aux schémas d'interaction entre agents. Ces entités sont structurées en un ensemble de trois espaces sur chacune des tables tangibles. Chaque espace est constitué d'un ensemble d'agents et d'artefacts interagissant entre eux et avec les autres agents ou artefacts déployés dans les autres espaces, sous le contrôle et la régulation explicites d'une organisation normative.

Dans la suite de la discussion de la section 2.3 sur les connexions entre mondes virtuels et mondes réels, les agents sont des assistants de l'interaction entre les humains, l'organisation est une organisation miroir de l'organisation humaine, intégrant en son sein l'ensemble des informations visant à régir la situation de crise rencontrée. Au travers de la gestion des

actions des assistants des humains au sein de cette organisation miroir, le système sera en mesure de vérifier, corriger et proposer des actions conformes à l'organisation et aux normes qu'elle intègre. Nous faisons ainsi une distinction entre:

- des agents, artefacts et normes de *production* exprimant la connaissance et les règles selon lesquelles les humains peuvent réaliser des interactions de production
- des agents, artefacts et normes de *communication* exprimant la connaissance et les règles selon lesquelles les humains peuvent interagir et communiquer entre eux
- des agents, artefacts et normes de *coordination* responsables de l'organisation des activités et de leur planification.

Notons que l'organisation construite selon la vision MOISE de *JaCaMo* comporte une structure de rôles et de groupes, miroir de l'organisation humaine et indépendante des espaces. Les normes, faisant référence d'une part aux rôles et d'autre part aux actions ou buts mis en œuvre au sein de l'organisation, peuvent être distinguées selon ces trois espaces.

4 Système Multi-Agent Normatif

Selon la vision décrite ci-dessus, le système multi-agent *S* déployé sur l'intergiciel de la table tangible, peut être décrit par: $S = \langle E, A, O, I \rangle$ avec *A* l'ensemble des agents autonomes, *E* l'environnement, *O* l'organisation normative et *I* l'ensemble des schémas d'interaction entre agents.

4.1 Environnement

L'environnement partagé entre les agents est constitué (i) d'artefacts de médiation des interactions entre les acteurs humains et les agents, (ii) d'artefacts de coordination des agents dédiés à la gestion de l'état courant du système, (iii) de traces de l'ensemble des actions réalisées au sein du système. S'appuyant sur le modèle *JaCaMo*, ces artefacts Art_j sont organisés selon différents espaces de travail (*Wsp*) :

$$E = (E_{prod}, E_{com}, E_{coord})$$

$$E_i = \langle W_{sp}, Traces \rangle \text{ où } W_{sp} = \{Art_j, j \in N\}$$

Une trace tr_i ($tr_i \in \text{Traces}$) est un couple (p_i, v_i) où v_i est la valeur de l'élément en mémoire et p_i est un triplet constitué du nom de la trace, de l'indication de son statut de conformité vis-à-vis des normes (*compliance*) et d'un droit d'accès précisant l'espace dans lequel la trace s'insère (*access*): $p_i = \langle \text{name}, \text{compliance}, \text{access} \rangle$, $\text{compliance} \in \{\text{valid}, \text{invalid}\}$, $\text{access} = \langle \text{type}, \text{group}, \text{role} \rangle$, où $\text{type} \in \{\text{prod}, \text{com}, \text{coord}\}$. Le champ *access* permet de restreindre l'accès à la propriété p_i à un agent ou à un groupe. Par défaut toute propriété d'une trace est créée avec un accès local et une *compliance* à *invalid*.

4.2 Agents

Les agents a_i dans A sont des entités logicielles autonomes capables d'effectuer des tâches en lien avec leurs objectifs. Nous distinguons 3 types d'agents $A = (A_{\text{prod}}, A_{\text{com}}, A_{\text{coord}})$ définis par : $\forall a_i \in A, a_i = \langle P, G, Ac, L, Gr, R \rangle$ où P, G et Ac sont l'ensemble des propriétés, buts, et actions de a_i , L est l'ensemble des plans spécifiant la séquence des actions que a_i doit effectuer pour atteindre ses buts, Gr l'ensemble des groupes dans O auxquels a_i appartient, R l'ensemble des rôles attribués à a_i . Les buts et les actions de l'agent sont distingués selon les espaces de *production*, *communication* et *coordination*.

4.3 Organisations

O désigne l'entité organisationnelle normative : $OE = \langle OS, A, \text{plays}, \text{commits}, N_{\text{prod}}, N_{\text{com}}, N_{\text{coord}} \rangle$. Elle correspond au déploiement de la spécification OS sur les agents A de S . Comme précisé ci-dessus, cette organisation est décrite par une spécification fonctionnelle et une spécification structurelle qui sont transverses aux trois espaces alors que trois ensembles de normes sont distingués pour chacun des espaces. OS ($OS = \langle SS, FS, NS \rangle$) est décomposée en trois spécifications : structurelle (SS), fonctionnelle (FS) et normative (NS) selon le modèle MOISE. Les spécifications SS, FS, NS qui le composent ne sont pas reprises ici en détail. Elles permettent aux agents de comprendre et de raisonner sur la structure (rôles qu'ils peuvent adopter), le fonctionnement (missions qu'il doivent engager, selon leurs rôles) et les normes (missions qu'ils peuvent, doivent et ne doivent pas entreprendre, selon leur rôle).

La fonction $\text{plays} : OS.SS.\text{role} \rightarrow 2^A$ définit les rôles de $OS.SS$ joués par les agents de A . La fonction $\text{commits} : OS.FS.\text{mission} \rightarrow 2^A$ définit les missions de $OS.FS$ dans lesquelles les agents de A sont engagés. Les missions définissent les ensembles de buts que les agents doivent donc satisfaire.

$(N_{\text{prod}}, N_{\text{com}}, N_{\text{coord}})$ est l'ensemble actif de normes issues de la spécification normative NS de OS . Notons que ces normes sont distinguées selon l'espace dans lequel elles prescrivent un comportement à réaliser. Les normes permettent de connecter les rôles aux missions et donc aux buts par le biais d'opérateurs déontiques (permissions, obligations et interdictions). Les normes sont exprimées par: $\forall n_i \in NS, n_i = \langle \text{act-c}, \text{trigger-c}, \text{group}, \text{role}, \text{dm}, \text{object} \rangle$. Le champ *act-c* définit les conditions d'activation de la norme n_i , i.e. quand la mission *object* impactée par n_i peut être traduite dans l'opérateur déontique *dm* aux agents jouant le rôle *role* dans le groupe *group* concerné par la norme. Le champ *trigger-c* définit les conditions de déclenchement de la mission *object*. Selon l'ensemble des buts auxquels la mission *object* fait référence, nous distinguons les normes de *production*, *coordination* et *communication*.

4.4 Interactions

Les interactions entre les agents, les artefacts, les traces sont régulées par des protocoles spécifiques d'interaction qui ne sont pas présentés dans cet article par manque d'espace.

4.5 Dynamiques

Au travers de la modélisation du système normatif présenté ci-dessus, nous pouvons mentionner l'existence au sein du SMA de trois dynamiques Agents / Artefacts / Organisation couplées entre elles via les actions / perceptions des agents sur les artefacts, les actions / obligations / violations des agents en références à des normes de l'organisation. Ces trois dynamiques se trouvent en interaction avec les dynamiques Tangi / Digi / Imagi mises en œuvre entre les humains et le système (e.g. les actions de l'univers tangible sont médiées par les artefacts qui génèrent des événements que les agents vont traiter, dans le contexte de leurs buts) structurées entre les trois espaces de production, de communication, de coordi-

nation. Comme nous le verrons dans le scénario suivant, ces trois espaces sont également en interaction, s'échangeant des informations et des contraintes.

5 Application à la gestion de crises

5.1 Contexte de travail

Ce travail fait suite du projet IMAGIT¹ et s'appuie sur les recherches effectuées autour de la table TangiSense [9]. Celle-ci peut être vue comme une rétine magnétique capable de détecter et localiser des objets tangibles équipés de tags RFID. Sa résolution spatiale et temporelle la rend compatible avec les contraintes du temps réel. La surface de la table est équipée d'un écran LCD permettant l'affichage virtuel de simulations complexes et de feedback accompagnant les déplacements d'objets tangibles (suivi temps réel de l'activité distante, transmission de diverses informations, comme par exemple la conformité d'une manipulation). Nous présentons ici une application à la gestion de crise. Dans le cadre d'un scénario exemple (inondation), nous montrons comment un système basé sur les normes et exploitant un système d'annotation et de retour informé peut participer à une conscience plus grande du travail collaboratif. La collaboration en gestion de crise est un problème complexe, où les protocoles d'intervention doivent être définis en cohérence avec les autres acteurs. Par exemple, une commune doit prendre en compte les façons de travailler et les objectifs qui régissent le corps des Pompiers et des Policiers, avec qui elle sera amenée à collaborer.

Nous illustrons tout d'abord les interactions entre les acteurs via la table TangiSense (Fig.2), puis nous expliciterons l'exécution de la plateforme multi-agent en décrivant le fonctionnement interne.

5.2 Scénario – Point de vue Humain

0) Dans une situation de crise (inondation) où sont amenés à intervenir Pompiers et Policiers, le PCC (Poste de Commandement Communal) décide de lancer une intervention d'évacuation, et demande à la cellule logistique (CL) de la réaliser. Nous sommes en phase préventive, le PCC est déjà identifié comme utilisateur de la table TangiSense. Les

normes correspondantes à cette phase et applicables à l'activité du PCC sont déjà chargées dans l'espace de *production* de la table.

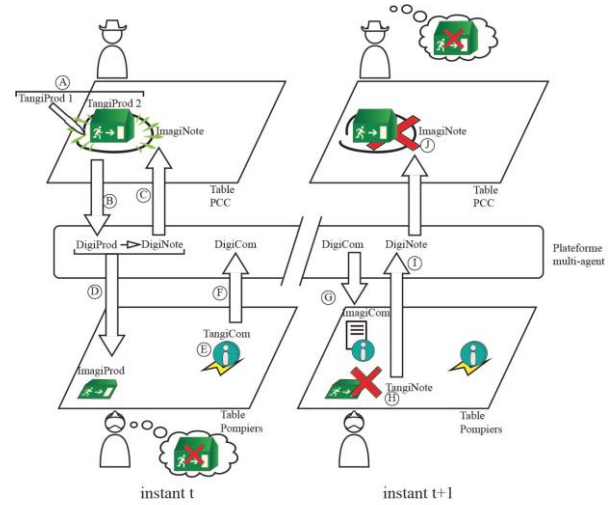


FIG. 2 – Mise en jeu de plusieurs composants d'interaction constituant un pattern conversationnel dans un scénario simple de gestion de crises.

- 1) Le PCC place une composition de *TangiProd* pour demander à CL de lancer une évacuation sur la zone A.
- 2) Le système analyse la validité de cette demande d'évacuation. Celle-ci dépend du nombre d'habitations dans la zone A, selon la norme N_{prod_CLEvac} : [En phase préventive, le PCC peut envoyer la CL en mission d'évacuation si $NbHab < \alpha$]. Le lien entre le périmètre de la zone et les informations nécessaires à l'obtention du nombre d'habitants $NbHab$ sur cette zone est réalisé par un *DigiProd*. La partie condition de la norme N_{prod_CLEvac} étant remplie, le système donne un retour par un *DigiNote*, en annotant cette action comme valide.
- 3) Selon le pattern conversationnel exprimé en section 3, le système renvoie un *ImagiNote* « feedback vert » au PCC, reflétant le résultat de l'analyse précédente. L'action effectuée par le PCC étant conforme aux normes, elle doit être transmise aux tables distantes (CL, Pompiers...) sous la forme d'un *ImagiProd*.
- 4) A réception de cette information, et du fait d'un risque électrique proche de la zone A, le commandant des pompiers s'interroge sur la validité de cette action d'évacuation. Pour en savoir plus, il demande un rapport de situation au sujet du risque électrique en plaçant un

¹ contrat IMAGIT (ANR-10-CORD-0017)

TangiCom sur cette zone.

5) A réception de ce rapport, le commandant juge non valide l'action d'évacuation. Pour le signaler, il place une annotation sur l'*ImagiProd* via à un *TangiNote*.

6) Cette annotation apparaît sur la table du PCC avec l'affichage de l'*ImagiNote* correspondant.

5.3 Scénario – Point de vue Agent

Nous venons de voir l'aspect interactionnel indépendamment du fonctionnement interne du système. Nous allons détailler ce dernier aspect ici, en reprenant les mêmes étapes que précédemment.

0) Lors de l'initialisation du système, le PCC s'identifie avec le *TangiCoord* qui constitue son avatar. Dès lors, les agents de *production*, de *communication* et de *coordination* (*AgProd_PCC*, *AgCom_PCC* et *AgCoord_PCC*) chargés de suivre les activités du PCC sont créés. Les normes qui régulent à cette étape de la crise l'action du PCC (*Nprod_PCCprévention*, *Ncom_PCCprévention* et *Ncoord_PCCprévention*) sont activées par le système de gestion d'organisation de JaCaMo. Ainsi l'agent *AgProd_PCC* est soumis aux obligations / permissions des normes appartenants à *Nprod_PCCprévention*. L'*AgProd_PCC* (resp. *AgCom_PCC*) observe les événements liés aux activités de production (resp. de communication) via l'artefact *ArtProd* (resp. *ArtCom*). Notons qu'il existe un système équivalent pour les Pompiers : *AgProd_Pompier*, *AgCom_Pompier*...

1) Le PCC ayant réalisé la séquence nécessaire avec les objets tangibles, l'artefact *ArtProd* capte cette information, génère une trace de production et envoie un signal à *AgProd_PCC* via le *DigiProd* (PCC, CL, Evac, ZoneA).

2) *AgProd_PCC*, focalisé sur l'artefact *ArtProd*, est activé à réception de ce signal. A l'aide des normes de production déjà activées, i.e. dont la condition *act-c* fait référence à cette phase (*Nprod_PCCprévention*), *AgProd_PCC* vérifie la validité de la demande d'évacuation de la zone A par la CL. *AgProd_PCC* consulte alors la condition *trigger-c* de la norme *Nprod_CLevac* pour définir la validité de l'action, ce qui dépend du nombre d'habitations *NbHab* dans la zone A.

AgProd_PCC consulte la propriété *NbHab* de l'artefact représentatif de la zone A et inscrit cette information dans la trace.

Nprod_CLevac est valide. Un artefact de production va modifier la trace de production en annotant cette action comme valide dans le champ *compliance* avec un *DigiNote*. Suite à la modification de ce champ, *ArtCom* envoie un signal à *AgCom_PCC*.

3) *AgCom_PCC*, focalisé sur l'artefact *ArtCom*, est activé à réception de ce signal. Cet agent, à l'aide des normes *Ncom_PCCprévention*, va raisonner et décider des modalités de transmission de l'action exprimée par le *DigiProd* (PCC, CL, Evac, ZoneA) : retour en local au PCC, transmission à distance à la CL et aux Pompiers. Cela entraîne la modification du champ « accès » de la trace.

L'artefact *ArtCom* entre ensuite en jeu et transmet : un *ImagiNote* « feedback vert » au PCC, un *ImagiCom* « demande d'intervention » à la CL, un *ImagiProd* à titre informatif sur la table des Pompiers.

4) Recevant cette information, le commandement des Pompiers place un *TangiCom* sur la table afin d'en savoir plus sur le risque électrique de la zone. *ArtCom* inscrit dans la trace de communication la demande d'information provenant des Pompiers, et envoie un signal à *AgCom_Pompier*.

AgCom_Pompier exploite *Ncom_PompierPrévention* pour définir la validité de cette demande. Cette action est valide, *ArtCom* modifie le champ « compliance » et transmet la demande.

5) Le rapport de situation envoyé en retour aux Pompiers, et est affiché grâce à un *ImagiCom* transmis par *ArtCom*.

Le commandement ayant signalé sa désapprobation, *ArtCoord* détecte un *TangiNote* d'invalidité associé à l'*ImagiProd* d'évacuation. La Trace de production liée à l'action d'évacuation est enrichie par un nouveau *DigiNote*.

6) *AgCom_PCC* affiche l'*ImagiNote* correspondant grâce à un *ArtCom*.

6 Conclusion

Nous avons défendu dans cet article l'hypothèse qu'une activité collaborative peut être soutenue en augmentant la conscience des acteurs concernant le respect des protocoles auxquels ils sont soumis, et l'intégration de leur action au sein de l'activité de leurs partenaires, susceptibles d'appartenir à des organisations différentes. Dans ce contexte, nous avons montré comment un système multi-agent basé sur des normes et exploitant un système d'annotation et de retour informé peut participer à une conscience plus grande du travail collaboratif. Nous avons également montré le potentiel offert par l'approche JaCaMo dans ce cadre. Enfin, nous avons illustré le potentiel d'une telle approche par un scénario simple d'application à la gestion de crises. Un travail important reste à faire, en termes de conception et d'expérimentation, et tout particulièrement en ce qui concerne l'acquisition et la formalisation des normes métiers mises en jeu dans l'application considérée.

Remerciements

Travail soutenu par l'ARC 6 Région Rhône-Alpes (ARC-13-009716-01). Nous tenons à remercier la collaboration des personnels de l'Institut des Risques Majeurs de Grenoble. J. Dugdale tient à remercier l'Univ. d'Agder.

Références

- [1] O. Boissier, R.H. Bordini, J.F. Hübner, J.F., A. Ricci, A. Santi, Multi-agent oriented programming with JaCaMo. *Sci. Comput. Program.* Vol. 78, pp. 747-761, 2013
- [2] G. Bourguin, A. Derycke, and J.C. Tarby. Beyond the interface: co-evolution inside interactive systems – a proposal founded on activity theory. In *IHM-HCI 2001 conference, People and computer XV - Interactions without Frontiers*, pp. 297-310. Springer Verlag, 2001
- [3] N. Cheaib, S. Otmane, M. Mallem, Tailorable groupware design based on the 3C model, *International Journal of Cooperative Information Systems*, Vol. 20, pp. 405-439, 2011
- [4] J. Coutaz, PAC: an Implementation Model for Dialog Design. In *Proc. Interact'87*, H-J. Bullinger, B. Shackel ed., North Holland, pp. 431-436, 1987
- [5] T. Duval, C. Fleury, PAC-C3D: A New Software Architectural Model for Designing 3D Collaborative Virtual Environments, 21th Int. Conf. on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2011), p. 53-60, Osaka, Japan, November 28-30, 2011
- [6] J. Filipe, K. Liu, The EDA Model: An Organizational Semiotics Perspective to Norm-based Agent Design, *Proc Agents'2000 Workshop on Norms and Institutions in Multi-Agent Systems*, 2000
- [7] C. Gutwin, S. Greenberg, R. Blum, J. Dyck, K. Tee, G. Mc-Ewan, Supporting informal collaboration in shared-workspace groupware. *Universal Computer Science*, 9(14), 2008
- [8] N. I. Karacapilidis, E-Collaboration Support Systems : Issues to be Addressed. *Encyclopedia of Information Science and Technology*, Vol. 2, pp. 939-945, 2005
- [9] JS. Kubicki, S. Lepreux, C. Kolski, RFID-driven situation awareness on TangiSense, a table interacting with tangible objects. *Personal and Ubiquitous Computing* 16(8): 1079-1094, 2012
- [10] Y. Laurillau and L. Nigay, Clover architecture for groupware. In *CSCW*, pp 236–245, 2002
- [11] D. Monticolo, V. Hilaire, A. Koukam, S. Gomes, An e-Groupware based on Multi Agents Systems for Knowledge Management, *IEEE Int. Conf. on Digital Ecosystems and Technologies (DEST)*, Cairns-Australia, February 2007
- [12] Ricci, L. Tummolini, C. Castelfranchi, M. Piunti, O. Boissier, Mirror Worlds as Agent Societies Situated in Mixed Reality Environments, 17th Int. Workshop on Coordination, Organisations, Institutions and Norms (COIN 2014), Paris, France, 2014
- [13] JM. Robert, Cognition située, cognition distribuée et cognition socialement partagée, Cours, Ecole Polytechnique de Montréal, janvier 2012
- [14] W. Rong, K. Liu, A multi-agent architecture for CSCW systems: from organizational semiotics perspective, *Proc 9th Pacific Rim Int. Conf. on Agent Computing and Multi-Agent Systems (PRIMA'06)*, Zhong-Zhi Shi and Ramakoti Sadananda (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 766-772, 2006
- [15] P. Salembier, Cognition(s) : située, distribuée, socialement partagée, etc. *Bulletin du LCPE*, n°1, Paris: École normale supérieure, 1996
- [16] O. Shaer and E. Hornecker. Tangible user interfaces: Past, present and future directions. In *HCI*, pp. 1- 138, 2010
- [17] J. Zhang, D.A. Norman, Representations in distributed cognitive tasks, *Cognitive Science*, 18, 87-122, 1994